

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-328198

(43)Date of publication of application : 28.11.2000

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/58

(21)Application number : 11-129446

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 11.05.1999

(72)Inventor : SENBA MITSUYUKI

(54) AUSTENITIC STAINLESS STEEL EXCELLENT IN HOT WORKABILITY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of cracks in the steel even in the case of being hot-worked into various shapes while its high temp. strength is made better by incorporating Cu-contg. steel with specified amounts of Mn, Y, La, Ce and Nd, moreover incorporating it with specified ratios of Mg and Ca and furthermore specifying W value.

SOLUTION: The compsn. of austenitic stainless steel is composed of, by weight, 0.03 to 0.15% C, $\leq 1.5\%$ Si, 0.1 to 2% Mn, $\leq 0.05\%$ P, $\leq 0.01\%$ S, 15 to 25% Cr, 6 to 25% Ni, 2 to 6% Cu, 0.1 to 0.8% Nb, 0.001 to 0.1% Al, 0.05 to 0.3% N, one or \geq two kinds among Y, La, Ce and Nd by 0.01 to 0.2% in total, 0 to 0.01% B, Mg and Ca respectively by 0 to 0.015%, and the balance Fe with inevitable impurities, where $Mg+Ca \leq 0.15\%$. Moreover, W value represented by the formula is controlled to the range of -2000 to +2000. If required, the compsn. of the steel is moreover incorporated with one or two kinds of 0.3 to 2% Mo and 0.5 to 4% W.

$$W = \frac{(Y+28Z+192Ca+25Y+19La+19Ce+33Nd) \times 1001}{859(C+N+S)}$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3424599

[Date of registration] 02.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-328198

(P2000-328198A)

(43) 公開日 平成12年11月28日 (2000. 11. 28)

(51) Int.Cl.⁷

C 2 2 C 38/00
38/58

識別記号

3 0 2

F I

C 2 2 C 38/00
38/58

テーマコード* (参考)

3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平11-129446

(22) 出願日

平成11年 5 月 11 日 (1999. 5. 11)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号

(72) 発明者 仙波 潤之

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号住

友金属工業株式会社内

(74) 代理人 100103481

弁理士 森 道雄 (外 1 名)

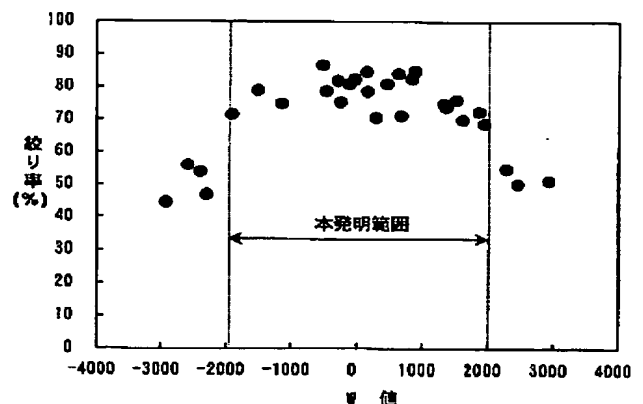
(54) 【発明の名称】 熱間加工性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼

(57) 【要約】

【課題】 高温強度が良好で熱間加工性に優れた Cu 含有オーステナイト系ステンレス鋼を提供する。

【解決手段】 Cu : 2 ~ 6 %、Y、La、Ce および Nd のうちの 1 種または 2 種以上を合計で 0. 01 ~ 0. 2 % を含み、かつ下記式で示す W 値が - 2 0 0 0 ~ + 2 0 0 0 の範囲内にあるオーステナイト系ステンレス鋼。

$$W = \{ (Mn + 283Mg + 192Ca + 25Y + 18La + 19Ce + 23Nd) \times 10Al / S \} - (85900Cu \times S)$$



【特許請求の範囲】

【請求項 1】重量%で、C : 0.03~0.15%、Si : 1.5%以下、Mn : 0.1~2%、P : 0.05%以下、S : 0.01%以下、Cr : 15~25%、Ni : 6~25%、Cu : 2~6%、Nb : 0.1~0.8%、Al : 0.001~0.1%、N : 0.05~0.3%、Y、La、Ce および Nd のうちの 1 種または 2 種以上を合計で 0.01~0.2%、B : 0~0.01%、Mg および Ca : 各 0~0.015%、ただし $Mg + Ca \leq 0.015\%$ 、を含有し、かつ下記式で示す W 値が -2000~+2000 の範囲内にあり、残部が Fe および不可避的不純物からなる熱間加工性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼。

$$W = \{ (Mn + 283Mg + 192Ca + 25Y + 18La + 19Ce + 23Nd) \times 10Al / S \} - (85900Cu \times S)$$

ここで、元素記号は各元素の含有量(重量%)を示す。

【請求項 2】重量%で、C : 0.03~0.15%、Si : 1.5%以下、Mn : 0.1~2%、P : 0.05%以下、S : 0.01%以下、Cr : 15~25%、Ni : 6~25%、Cu : 2~6%、Nb : 0.1~0.8%、Al : 0.001~0.1%、N : 0.05~0.3%、Y、La、Ce および Nd のうちの 1 種または 2 種以上を合計で 0.01~0.2%、Mo : 0.3~2% および W : 0.5~4% のうちの 1 種または 2 種、B : 0~0.01%、Mg および Ca : 各 0~0.015%、ただし $Mg + Ca \leq 0.015\%$ 、を含有し、かつ下記式で示す W 値が -2000~+2000 の範囲内にあり、残部が Fe および不可避的不純物からなる熱間加工性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼。

$$W = \{ (Mn + 283Mg + 192Ca + 25Y + 18La + 19Ce + 23Nd) \times 10Al / S \} - (85900Cu \times S)$$

ここで、元素記号は各元素の含有量(重量%)を示す。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱間加工性に優れた Cu 含有オーステナイト系ステンレス鋼に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、高温環境下で使用されるボイラや化学プラント等における装置用材料として SUS304H、SUS316H、SUS321H および SUS347H 等の 18-8 系オーステナイトステンレス鋼が使用されてきた。しかし、近年、このような高温環境下における装置の使用条件が著しく苛酷化し、それに伴って使用材料に対する要求性能が厳しくなり、従来用いられてきた 18-8 系オーステナイトステンレス鋼では高温強度が不十分となってきた。

【0003】そこで高価な元素を多量添加することなく高温強度を改善した鋼として、本発明者らはクリープ破断強度を向上させる元素である Cu、Nb および N を複合添加した高温強度の良好なオーステナイト系耐熱鋼を

提案した(特公平 8-30247 号公報、特開平 8-13102 号公報)。

【0004】しかし、このような Cu 含有鋼は、従来の 18-8 系オーステナイトステンレス鋼と比較して熱間加工性が不芳で、実生産においてはその改善が必要となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、高温強度が良好であると共に、熱間加工性に優れた Cu 含有オーステナイト系ステンレス鋼を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、下記(1)および(2)のオーステナイト系ステンレス鋼にある。

【0007】(1)重量%で、C : 0.03~0.15%、Si : 1.5%以下、Mn : 0.1~2%、P : 0.05%以下、S : 0.01%以下、Cr : 15~25%、Ni : 6~25%、Cu : 2~6%、Nb : 0.1~0.8%、Al : 0.001~0.1%、N : 0.05~0.3%、Y、La、Ce および Nd のうちの 1 種または 2 種以上を合計で 0.01~0.2%、B : 0~0.01%、Mg および Ca : 各 0~0.015%、ただし $Mg + Ca \leq 0.015\%$ 、を含有し、かつ下記式で示す W 値が -2000~+2000 の範囲内にあり、残部が Fe および不可避的不純物からなる熱間加工性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼。

$$W = \{ (Mn + 283Mg + 192Ca + 25Y + 18La + 19Ce + 23Nd) \times 10Al / S \} - (85900Cu \times S)$$

ここで、元素記号は各元素の含有量(重量%)を示す。

【0009】(2)さらに、Mo : 0.3~2% および W : 0.5~4% のうちの 1 種または 2 種を含有する上記(1)に記載のオーステナイト系ステンレス鋼。

【0010】本発明者らは、前記の課題を解決するため Cu 含有オーステナイト系ステンレス鋼の熱間加工性について鋭意実験、検討をおこなった結果、新しく下記の知見を得て本発明を完成するに至った。

【0011】a) Cu 添加オーステナイト系ステンレス鋼においては Cu が S の粒界偏析を助長し、熱間加工性を著しく低下させている。

【0012】b) 下記式で規定する W 値が -2000~+2000 の範囲内になるように、Mn に加え、Y、La、Ce および Nd の 1 種または 2 種以上、さらに必要に応じて Mg および Ca の一方または両方を含有させることにより、Cu に起因して粒界に偏析した S を硫化物として固定することにより、Cu 含有オーステナイト系ステンレス鋼の熱間加工性は著しく改善される。

$$W = \{ (Mn + 283Mg + 192Ca + 25Y + 18La + 19Ce + 23Nd) \times 10Al / S \} - (85900Cu \times S)$$

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明のオーステナイト系

ステンレス鋼の化学組成を限定した理由について説明する。なお、以下の化学成分の%表示は重量%を示す。

【0015】C: 0.03~0.15%

高温環境下で使用される際に必要となる引張強さ、およびクリープ破断強度を確保するために有効な元素である。しかし、Cを0.15%を超えて含有させても溶体化状態における未固溶炭化物量が增加するだけで、高温強度の向上に寄与しなくなるばかりでなく、靱性等の機械的性質も劣化する。したがって、C含有量の上限は0.15%とした。本発明鋼ではNも含有させるためC含有量は低めであってもよいが、上記の効果を得るためには下限は0.03%とする必要がある。好ましくは0.05%以上である。

【0016】Si: 1.5%以下

Siは、脱酸剤として用いる元素であり、また耐酸化性の向上に有効な元素であるが、含有量が多くなると溶接性や熱間加工性が劣化する。また、本発明鋼ではNも含有させるため、多量に添加すると高温での使用中に析出する窒化物量が增加し、靱性や延性の低下を招く。従って、Si含有量は1.5%以下とした。靱性や延性を重視する場合には0.5%以下とするのが望ましく、さらに望ましくは0.3%以下である。他の元素で脱酸作用が十分確保されている場合には実質的に含有させなくともよい。

【0017】Mn: 0.1~2%

Mnは、Siと同様に脱酸剤として用いる元素であり、またCuによって粒界偏析が助長されるSを固定し、熱間加工性を改善する重要な元素である。その効果を十分得るためには0.1%以上含有させる必要がある。しかし、2%を超えるとσ相等の金属間化合物の析出を招き、高温強度、機械的性質を低下させる。したがって、Mn含有量は0.1~2%とした。より望ましくは0.3~2%、組織安定性を重視する場合には0.5~1.5%が好ましい。

【0018】P: 0.05%以下

Pは、不可避的不純物として含有して、熱間加工性を著しく劣化させる。そのためできるだけ低くするのがよいが、脱Pコストも考慮して0.05%以下とした。望ましくは0.04%以下である。

【0019】S: 0.01%以下

Sも、不可避的不純物として含有して、熱間加工性を著しく劣化させる。この劣化を防止するため、0.01%以下とした。低いほどよく、望ましくは0.005%以下である。

【0020】Cr: 15~25%

Crは、高温での耐酸化性や耐食性を向上させるために必要な元素であり、含有量の増加に伴いこれらの性能は向上する。これらの効果を十分得るためには15%以上が必要である。一方、25%を超えるとオーステナイト組織が不安定になる。したがって、Cr含有量は15~

25%とした。

【0021】Ni: 6~25%

安定なオーステナイト組織を確保するための必須成分であり、その最適含有量は鋼中に含まれるCr、Mo、W、Nb等のフェライト生成元素やC、N等のオーステナイト生成元素の含有量によって定まる。本発明鋼では6%未満ではオーステナイト組織の安定化が困難であり、一方、25%を超えて含有させることは経済的に不利であるため、その含有量は6~25%とした。

【0022】Cu: 2~6%

Cuは、高温で使用中の鋼中で、微細なCu相としてオーステナイト母相に整合析出し、クリープ破断強度の向上に大きく寄与するが、その効果を発揮させるには2%以上含有させることが必要である。しかし、6%を超えて含有させるとクリープ破断延性や加工性が劣化する。したがって、Cu含有量は2~6%とした。

【0023】Nb: 0.1~0.8%

Nbは、微細な炭窒化物の分散析出強化によりクリープ破断強度を向上させる元素である。しかし、その含有量が0.1%未満では十分な効果が得られず、一方、0.8%を超えて過剰に含有させると溶接性や加工性が劣化すると共に、N含有鋼では未固溶の炭窒化物量が増加し、機械的性質も劣化する。したがって、Nbの含有量は0.1~0.8%とした。

【0024】Al: 0.001~0.1%

脱酸材として用いる元素であり、その効果を得るためには0.001%以上含有させる必要がある。しかし、0.1%を超えて含有させると、高温域で長時間使用する際、σ相等の金属間化合物の析出が促進され、靱性が劣化する。したがって、Alの含有量は0.001~0.1%とした。望ましくは0.001~0.06、さらに望ましくは0.001~0.03%である。

【0025】N: 0.05~0.3%

Nは、Cと同様、引張強さやクリープ破断強度の向上に有効な元素であるが、その含有量が0.05%未満では十分な効果を発揮させることはできない。一方、NはCに比較して固溶限が大きいので、比較的少量に含有させても溶体化状態で十分固溶し、時効中に生じる窒化物析出に伴う靱性低下も比較的少ないが、0.3%を超えて含有させると時効後靱性が低下する。したがって、Nの含有量は0.05~0.3%とした。

【0026】B: 0~0.01

Bは、炭窒化物の微細分散析出強化および粒界強化によりクリープ破断強度の向上に寄与するため、必要に応じて含有させることができる。含有させる場合、0.001%未満ではその効果が発揮されず、一方、0.010%を超えて含有させると溶接性が劣化する。したがって、含有させる場合は0.001~0.01%とする。望ましくは0.001~0.008%である。

【0027】Mg、Ca: 0~0.015%

これらの元素は、主としてSを硫化物として固定し熱間加工性を改善する。しかし、過剰に含有させると、逆に熱間加工性が低下するため上限はそれぞれ0.015%とした。下限は特に限定しないが、0.001%以上とするのが好ましい。

【0028】含有させる場合のこれら元素の望ましい含有量は、それぞれ0.002~0.01%である。これらの元素は1種だけ含有させてもよく、2種複合して含有させてもよいが、これらの元素は基本的には同様な作用効果を有しているので2種同時に含有させる場合の上限は、合計で0.015%とする必要がある。

【0029】Y、La、Ce、Nd：0.01~0.2%

これらの元素は、Sと結びつき硫化物を形成し、かつその硫化物の溶解度積はMnの硫化物のそれよりも小さいので、Sの固定がより強固となり、熱間加工性が改善される。また、これら元素の硫化物はMnの硫化物に比べて微細に分散するのでγ粒の成長抑制にも有効に作用する。これらの効果を得るには、合計で0.01%以上が必要となる。しかし、0.2%を超えると硫化物が凝集粗大化して熱間加工時にこれを起点に割れが生じる場合があり、逆に熱間加工性が低下するので上限は0.2%とした。したがって、これら元素の含有率は0.01~0.2%とした。熱間加工性をさらに良好にする場合には0.03~0.15%とすることが望ましい。

【0030】これらの元素は1種だけ含有させてもよく、また、2種以上複合して含有させてもよく、いずれの元素も同様な作用効果を有しているので2種以上同時に含有させる場合、これら元素の合計で0.01~0.2%の範囲とする。

【0031】Mo：0.3~2%、W：0.5~4%
これらの元素は、高温強度を改善する作用を有している

ため、必要に応じて1種又は2種を含有させる。含有させる場合、Mo量が0.3%未満であったり、W量が0.5%未満であるとその効果が十分発揮されない。一方、Moについては2%、Wについては4%を超えて含有させるとその効果は飽和傾向を示すとともに、組織安定性、加工性が劣化する。そのため含有させる場合は、Moについては0.3~2%、Wについては0.5~4%とした。

【0032】 $W = \{ (Mn + 283Mg + 192Ca + 25Y + 18La + 19Ce + 23Nd) \times 10Al / S \} - (85900Cu \times S)$

Cuを含有する鋼では、CuによりSの粒界偏析が助長されるため、Sを低めるだけでは熱間加工性の改善は不十分であり、Sを完全に固定する必要がある。そのためには、種々の実験で得られた下記式で示すW値が-2000~+2000の範囲内になるように、Mnに加えてY、La、CeおよびNdの1種または2種以上を、さらに必要に応じてMg、Caの一方または両方を含有させることが必要である。

【0033】Wが、-2000未満の場合は、Sの固定が不完全となり微量のSの粒界偏析が残存し熱間加工性が低下する。一方、+2000を超えると硫化物の個数が減少してγ粒が粗大化するとともに、酸化物系介在物の増加と低融点金属間化合物の析出の重量により熱間加工性が劣化する。そのため上記W値は-2000~+2000とした。

【0034】

【実施例】表1に示す30種の化学組成のオーステナイト系ステンレス鋼を溶製し、50kgインゴットとした。

30 【0035】

【表1】

表1
(重量%, 残部: Fe)

| 記号 | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Cu | Nb | Al | N | B | その他 | W値 | 絞り率(%) | 加工性** | 備考 |
|----|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|------|-------|------|--------|--|--------|--------|-------|----|
| 1 | 0.082 | 0.15 | 0.53 | 0.022 | 0.0010 | 18.4 | 9.3 | 3.31 | 0.47 | 0.024 | 0.10 | 0.0044 | Y:0.02 | -37 | 82.4 | ○ | |
| 2 | 0.108 | 0.17 | 0.60 | 0.025 | 0.0068 | 18.2 | 8.9 | 2.76 | 0.51 | 0.016 | 0.11 | 0.0048 | Y:0.13 | -1522 | 79.0 | ○ | |
| 3 | 0.095 | 0.28 | 1.66 | 0.028 | 0.0016 | 18.1 | 9.4 | 3.05 | 0.19 | 0.053 | 0.10 | 0.0041 | Y:0.21 | 1870 | 72.5 | ○ | |
| 4 | 0.094 | 0.19 | 0.68 | 0.021 | 0.0019 | 17.7 | 8.8 | 2.71 | 0.48 | 0.020 | 0.12 | 0.0044 | La:0.04 | -285 | 81.9 | ○ | |
| 5 | 0.095 | 0.26 | 0.52 | 0.022 | 0.0013 | 17.6 | 9.2 | 2.89 | 0.48 | 0.094 | 0.11 | 0.0029 | Ce:0.03 | 465 | 81.0 | ○ | |
| 6 | 0.110 | 0.24 | 1.44 | 0.028 | 0.0009 | 18.4 | 9.4 | 3.00 | 0.46 | 0.015 | 0.08 | 0.0036 | Nd:0.04 | 161 | 78.7 | ○ | |
| 7 | 0.084 | 0.18 | 0.70 | 0.029 | 0.0020 | 18.5 | 9.7 | 3.08 | 0.51 | 0.026 | 0.14 | 0.0050 | Y:0.03, Ce:0.02, Mg:0.0000, Ca:0.0015 | -254 | 75.4 | ○ | |
| 8 | 0.106 | 0.20 | 1.07 | 0.021 | 0.0019 | 18.2 | 9.3 | 2.99 | 0.49 | 0.076 | 0.10 | — | La:0.18, Mg:0.0025, Ca:0.0000 | 1519 | 76.1 | ○ | |
| 9 | 0.079 | 0.20 | 0.35 | 0.020 | 0.0023 | 18.0 | 9.1 | 3.01 | 0.40 | 0.054 | 0.09 | 0.0044 | Ce:0.20, Mg:0.0230, Ca:0.0010 | 1953 | 68.7 | ○ | |
| 10 | 0.090 | 0.22 | 0.70 | 0.029 | 0.0019 | 17.8 | 9.2 | 3.94 | 0.41 | 0.045 | 0.13 | 0.0041 | La:0.02, Nd:0.05 | -120 | 80.9 | ○ | |
| 11 | 0.104 | 0.23 | 1.02 | 0.023 | 0.0054 | 17.8 | 8.8 | 3.44 | 0.28 | 0.041 | 0.11 | — | Nd:0.17, Mg:0.0029 | -1159 | 74.9 | ○ | |
| 12 | 0.097 | 0.18 | 0.30 | 0.028 | 0.0018 | 22.7 | 18.7 | 3.91 | 0.48 | 0.018 | 0.19 | 0.0027 | Y:0.04, W:1.14 | -475 | 78.8 | ○ | |
| 13 | 0.065 | 0.27 | 0.32 | 0.026 | 0.0017 | 23.3 | 18.3 | 3.27 | 0.49 | 0.035 | 0.19 | 0.0024 | La:0.15, W:1.42 | 144 | 84.7 | ○ | |
| 14 | 0.125 | 0.24 | 0.81 | 0.025 | 0.0009 | 23.3 | 19.0 | 3.23 | 0.47 | 0.086 | 0.23 | 0.0048 | Ce:0.02, Mo:1.25 | 887 | 84.9 | ○ | |
| 15 | 0.081 | 0.21 | 1.31 | 0.026 | 0.0012 | 22.8 | 19.9 | 3.29 | 0.40 | 0.024 | 0.22 | 0.0049 | Nd:0.20, W:1.51 | 843 | 82.6 | ○ | |
| 16 | 0.089 | 0.21 | 0.93 | 0.023 | 0.0006 | 22.7 | 19.8 | 2.77 | 0.41 | 0.024 | 0.20 | 0.0027 | Ce:0.03, Nd:0.02, Mo:1.22, W:0.84 | 641 | 84.1 | ○ | |
| 17 | 0.099 | 0.27 | 1.24 | 0.024 | 0.0024 | 23.4 | 19.7 | 4.66 | 0.37 | 0.031 | 0.21 | 0.0042 | La:0.03, Ce:0.02, Mg:0.0042, W:0.80 | -528 | 86.7 | ○ | |
| 18 | 0.107 | 0.25 | 0.63 | 0.021 | 0.0016 | 23.2 | 19.5 | 3.12 | 0.42 | 0.024 | 0.21 | 0.0026 | Y:0.14, Ca:0.0035, W:1.14 | 291 | 70.6 | ○ | |
| 19 | 0.077 | 0.17 | 1.34 | 0.025 | 0.0016 | 22.8 | 19.2 | 2.77 | 0.45 | 0.060 | 0.19 | 0.0025 | Y:0.04, Ce:0.03, Mg:0.0028, Ca:0.005, W:1.02 | 1368 | 73.9 | ○ | |
| 20 | 0.081 | 0.28 | 1.24 | 0.023 | 0.0007 | 22.9 | 19.1 | 3.01 | 0.39 | 0.032 | 0.22 | 0.0044 | La:0.03, Nd:0.04, Mg:0.0022, Mo:0.97 | 1338 | 74.8 | ○ | |
| 21 | 0.079 | 0.21 | 1.28 | 0.026 | 0.0008 | 22.4 | 20.2 | 3.32 | 0.50 | 0.034 | 0.21 | — | Nd:0.10, Ca:0.0040, Mo:1.89, W:0.40 | 1620 | 70.0 | ○ | |
| 22 | 0.091 | 0.18 | 0.96 | 0.025 | 0.0074 | 22.2 | 20.0 | 3.22 | 0.47 | 0.022 | 0.20 | — | Ce:0.18, W:1.47 | -1917 | 71.5 | ○ | |
| 23 | 0.095 | 0.19 | 1.35 | 0.023 | 0.0011 | 22.8 | 18.8 | 5.39 | 0.48 | 0.039 | 0.21 | 0.0022 | Y:0.08, Ca:0.0000, Mo:1.05 | 678 | 71.2 | ○ | |
| A | 0.099 | 0.19 | 0.48 | 0.025 | 0.0088 | 18.5 | 9.4 | 3.49 | 0.45 | 0.015 | 0.20 | 0.0045 | Y:0.10 | -2587* | 55.8 | × | |
| B | 0.195 | 0.17 | 0.75 | 0.023 | 0.0094 | 18.2 | 8.8 | 3.67 | 0.43 | 0.021 | 0.24 | 0.0040 | La:0.05 | -2927* | 44.4 | × | |
| C | 0.103 | 0.18 | 1.25 | 0.025 | 0.0006 | 18.4 | 9.1 | 12.95 | 0.46 | 0.078 | 0.22 | 0.0039 | Ce:0.04 | 2461* | 50.1 | × | |
| D | 0.097 | 0.20 | 1.04 | 0.027 | 0.0007 | 18.5 | 8.2 | 3.02 | 0.46 | 0.060 | 0.24 | 0.0042 | Nd:0.08 | 2287* | 54.8 | × | |
| E | 0.086 | 0.16 | 1.19 | 0.025 | 0.0081 | 18.3 | 9.5 | 3.17 | 0.49 | 0.029 | 0.12 | 0.0048 | Y:0.02, Ce:0.02, Mg:0.0000, Ca:0.0017 | -2402* | 53.9 | × | |
| F | 0.110 | 0.23 | 1.65 | 0.023 | 0.0006 | 23.1 | 19.3 | 3.90 | 0.45 | 0.084 | 0.20 | 0.0045 | Ce:0.03, Mo:1.19 | 2938* | 51.2 | × | |
| G | 0.110 | 0.25 | 0.44 | 0.022 | 0.0083 | 23.4 | 19.7 | 3.29 | 0.44 | 0.010 | 0.23 | 0.0028 | Y:0.11, Ca:0.0028, W:1.20 | -2301* | 46.8 | × | |

* 本発明で規定する範囲外を示す

** ○:割れ発生なし、×:割れ発生、××:大きな割れ発生

【0036】表中の記号1~23は本発明鋼、A~Gは本発明で規定するW値が外れている比較鋼である。

【0037】鑄造のままの各インゴットから、熱間加工性を評価するための下記引張試験片および圧延試験片を切り出した。

【0038】引張試験片:直径10mm、長さ130mmの丸棒試験片

圧延試験片:厚さ20mm、幅100mm、長さ250mm

引張試験は、1000℃に加熱して歪速度1/sの高速引張試験をおこない、試験後の破断面から絞り率を求めて熱間加工性を評価した。また、圧延試験片は、1200℃に加熱した後、熱間圧延して板厚10mmに仕上げ、圧延後の割れの発生状況を調べ、熱間圧延における

加工性を評価した。

【0039】結果を表1に併せて示す。

【0040】図1は、表1に示した絞り率とW値との関係を示した図である。図1から明らかなように、W値が本発明で規定する-2000～+2000の範囲内にある場合は、高速引張試験で60%以上の絞り率が得られる。一方、W値が-2000未満および+2000超の場合では、60%以上の絞り率が得られなかった。

【0041】また、表1の熱間圧延後の割れ発生結果を示す加工性の欄に示すように、本発明例の鋼（記号1～23）は、いずれも割れは発生しなかった。

【0042】これに対し、W値が-2000～+2000の範囲を外れ、高速引張試験で60%未満の絞り率しか示さない比較例の鋼（記号A～G）は、熱間圧延にお

いて、いずれも割れが発生した。これは比較例の鋼は表1に示すように、通常であれば十分な量のMnに加え、Y、La、Ce、Nd等を含有しており、さらにはMgやCaを含有するが、W値が本発明で規定する範囲を外れるために、Cuによる粒界へのS偏析が完全に防止されなかったことを示している。

【0043】

【発明の効果】本発明鋼は、高温強度が良好でありながら熱間加工性に優れており、各種形状の部材に熱間加工しても割れることがなく、製品を高歩留まりで製造することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】W値と絞り率の関係を示す図である。

【図1】

